



日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年12月13日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第353693号

出願人

Applicant(s):

株式会社荏原製作所

2000年12月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造

出証番号 出証特2000-3106807

【書類名】 特許願

【整理番号】 EB11-284

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 金馬 利文

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所  
内

【氏名】 中井 俊輔

【特許出願人】

【識別番号】 000000239

【氏名又は名称】 株式会社 茛原製作所

【代理人】

【識別番号】 100087066

【弁理士】

【氏名又は名称】 熊谷 隆

【電話番号】 03-3464-2071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094226

【弁理士】

【氏名又は名称】 高木 裕

【電話番号】 03-3464-2071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 041634

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9005856  
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び基板処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の被測定面に柱状の透光液流を当接し、該透光液流を通して該被測定面に光を照射し、該被測定面で反射された反射光を該透光液流を通して受光し、該受光した反射光強度から前記被測定面の膜厚を測定することを特徴とする基板膜厚測定方法。

【請求項2】 基板の被測定面に柱状の透光液流を当接させる透光液流供給手段と、該透光液流を通して前記基板の被測定面に光を照射すると共に、該透光液流を通して前記基板の被測定面で反射された反射光を受光する光学系と、該光学系で受光した反射光強度から該被測定面の膜厚を測定する膜厚測定手段を具備することを特徴とする基板膜厚測定装置。

【請求項3】 請求項2に記載の基板膜厚測定装置において、

前記光学系は少なくとも1本の光ファイバーを具備し、該光ファイバーの先端部を前記透光液流に挿入し、該光ファイバー及び透光液を通して前記基板の被測定面に光を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を該透光液流及び光ファイバーを通して受光するように構成されていることを特徴とする基板膜厚測定装置。

【請求項4】 請求項2に記載の基板膜厚測定装置において、

前記光学系はレンズを介して光を前記透光液流に投光し、該投光した光を透光液流を通して前記基板の被測定面に照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を前記透光液流及び前記レンズを通して受光するように構成されていることを特徴とする基板膜厚測定装置。

【請求項5】 基板の処理面に所定の処理を施す基板処理装置において、

少なくとも請求項1乃至4のいずれかに記載の基板膜厚測定装置を具備し、処理中の基板の処理面に該基板測定装置の透光液流を当接させ、該透光液流を通して処理面に光を照射すると共に、該処理面で反射される反射光を該透光液流を通して受光するように構成したことを特徴とする基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は基板の膜厚を測定する基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び該基板膜厚測定装置を用いる基板処理装置に関し、特に処理中基板の処理面の膜厚状態をリアルタイムで連続的に検出するのに好適な基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び該基板膜厚測定装置を用いる基板処理装置に関するものである。なお、本明細書で膜厚測定とは、単に膜厚の測定のみではなく、例えば基板面上に形成された金属薄膜の有無等、基板状態の検出或いは基板状態の観測も含むものとする。

【0002】

【従来の技術】

従来この種の技術としては、特開平7-251371号公報に開示されたものがある。この技術は研磨中の被研磨基板の測定面にガラスファイバーを通してその先端から光を照射し、該測定面で反射された反射光を該ガラスファイバーを通して膜厚測定制御部に導くようにしたのである。

【0003】

上記のようにガラスファイバーで照射光及び反射光を受光する方法は、研磨中の被研磨基板には水滴が付着しており、測定誤差を発生するという問題がある。また、ガラスファイバーの先端面と被測定面との間隔を厳格に制御する必要がある。

【0004】

また、特開平10-264017号公報に開示されている技術は、洗浄槽の洗浄液に被研磨基板を浸漬し、洗浄液中に光ファイバーの先端面を浸漬し、該先端面を直接被測定面に近づけ光を照射し、該被測定面からの反射光を該光ファイバーを通して膜厚検出装置に導くように構成したものである。

【0005】

洗浄液中に光ファイバーの先端を浸漬する方法は、光ファイバーの先端面と被測定面との間隔制御が必要であると共に、装置が大規模なものとなるという欠点がある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上述の点に鑑みてなされたもので、構成が簡単で研磨等の処理中の基板の膜厚をリアルタイムで、且つ高精度で測定できる基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び該基板膜厚測定装置を装備した基板処理装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため請求項1に記載の発明は、基板の被測定面に柱状の透光液流を当接し、該透光液流を通して該被測定面に光を照射し、該被測定面で反射された反射光を該透光液流を通して受光し、該受光した反射光強度から被測定面の膜厚を測定することを特徴とする。

【0008】

また、請求項2に記載の発明は、基板の被測定面に柱状の透光液流を当接させる透光液流供給手段と、該透光液流を通して基板の被測定面に光を照射すると共に、該透光液流を通して基板の被測定面で反射された反射光を受光する光学系と、該光学系で受光した反射光強度から該被測定面の膜厚を測定する膜厚測定手段を具備することを特徴とする。

【0009】

上記のように基板の被測定面に水のように光を透過する透光液の柱状の透光液流を当接させた場合、該透光液流は長さが短い場合その径は略一定であり、被測定面上の測定スポットの大きさは、透光液流噴出端と被測定面との間隔に依存せず、厳密な間隔制御が不要となるから、精度良く膜厚を測定できる。特に柱状の水や薬液等の透光液を被測定面に当接させる既設のノズル等の透光液流供給手段がある場合は、この透光液流供給手段からの透光液流を利用して膜厚を測定できるから、装置の大きな改造を必要としない。

【0010】

また、請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の基板膜厚測定装置において、光学系は少なくとも1本の光ファイバーを具備し、該光ファイバーの先端部を

透光液流に挿入し、該光ファイバー及び透光液を通して基板の被測定面に光を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を該透光液流及び光ファイバーを通して受光するように構成されていることを特徴とする。

#### 【0011】

上記のように、光ファイバー及び透光液流を通して基板の被測定面に光を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を該透光液流及び光ファイバーを通して受光するように構成するので、光ファイバーの先端及び透光液流噴出端との間隔の制御を必要としない。また、高精度の膜厚を測定できる。

#### 【0012】

また、請求項4に記載の発明は、請求項2に記載の基板膜厚測定装置において、光学系はレンズを介して光を透光液流に投光し、該投光した光を透光液流を通して基板の被測定面を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を透光液流及びレンズを通して受光するように構成されていることを特徴とする。

#### 【0013】

上記のように、レンズを介して光を透光液流に投光し、該投光された光を透光液流を通して基板の被測定面を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を透光液流及びレンズを通して受光するように構成しているので、レンズ及び透光液流噴出端との間隔の制御が少なく高精度の膜厚を測定できる。また、透光液流中に照射用光ファイバー及び受光用光ファイバーを挿入しないから、透光液流の変形を防止することができる。

#### 【0014】

また、請求項5に記載の発明は、基板の処理面に所定の処理を施す基板処理装置において、少なくとも請求項1乃至4のいずれかに記載の基板膜厚測定装置を具備し、処理中の基板の処理面に該基板測定装置の透光液流を当接させ、該透光液流を通して処理面に光を照射すると共に、該処理面で反射される反射光を該透光液流を通して受光するように構成したことを特徴とする。

#### 【0015】

上記のように処理中の基板の処理面に該基板測定装置の透光液流を当接させ、該透光液流を通して処理面に光を照射すると共に、該処理面で反射される反射光

を該透光液流を通して受光するように構成したので、処理中の基板の処理面を何ら損傷させることなく、膜厚をリアルタイムで測定できる（*in-situ*膜厚測定）。

### 【0016】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態例を図面に基づいて説明する。図1は本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成を示す図である。図1において、1は表面に薄膜2が形成された基板であり、5は該基板1の処理面2aに円柱状の水流を噴出し当接させる水噴出用ノズル5である。該水噴出用ノズル5内には照射用ファイバ7と受光用ファイバ8の先端部が挿入配置されている。

### 【0017】

上記構成の基板膜厚測定装置において、加圧水流6を水噴出用ノズル5に供給しその先端から細い円柱状の水流4を基板1の処理面2aの所定の位置に当接させ、測定スポット3を形成する。この状態で、測定演算部9から照射用ファイバ7を通して、水流4内に光を送り、該光を該水流4を通して基板1の測定スポット3内の測定面に照射する。このときの水流4中の光軸と該測定面は略垂直であることが装置構成上好ましい。但し、場合によっては照射用ファイバからの光の該測定面からの反射光を受光用ファイバ8が受光可能な位置関係ならば水流4中に光軸を該測定面に対して斜めとする構成も可能である。

### 【0018】

測定面2aで反射された反射光は水流4及び受光用ファイバ8を通って測定演算部9に導かれる。該測定演算部9では反射光から薄膜2の膜厚を測定する。この時水噴出用ノズル5の内面は鏡面加工を施し、効率良く照射／反射光を照射用／受光用ファイバ7、8に導くように工夫がなされている。

### 【0019】

また、時として、薄膜2と水流4が接する部分に水滴が溜まる場合があり、測定スポット3が乱れてしまう。そこで、図2に示すように、水噴出用ノズル5から薄膜2の測定スポット3に延びる螺旋状に巻回した排水用部材38を設け、水滴を除去する工夫をするとよい。また、水流4を基板に対して斜めとした場合、

及び水流4を上方向や下方向に供給する機構においても、水滴を除去する手段を適宜組合せても良い。なお、図2、図4で示すように排水用部材としてはバネのような形状を有する構造で、水の表面張力を利用するもの、或いは図示しないが水噴出ノズル5を囲むように設置された吸引ノズルによるものなどが考えられる。

#### 【0020】

上記基板膜厚測定装置において、水噴出用ノズル5の先端から処理面2aまでの距離が短ければ（即ち、水流4の長さが短ければ、実際には水噴出用ノズル5の内径の約1.5倍以内）、水流4の直径は略一定であるから、処理面2a上の測定スポット3の大きさは、水噴出用ノズル5の先端及び照射用ファイバ7の先端と処理面2aとの距離に依存せず決定されるので、厳密な間隔制御が不要になる。

#### 【0021】

図3は測定演算部9の構成を示す図である。この測定演算部9は基板1の薄膜2が酸化膜（例えば、酸化シリコン膜SiO<sub>2</sub>）である場合の構成である。図3において、ハロゲン光源10から発した光は、第1のレンズ11を通って照射用ファイバ7に導かれ、該照射用ファイバ7の先端から水流4内（図1参照）を通して基板1の研磨面2aに照射される。該研磨面2aで反射された反射光は受光用ファイバ8を通って第2のレンズ12に導かれ、該第2のレンズ12から回折格子13に導かれ分光される。分光された光は、CCDラインセンサ14によって、光の波長に対する分光反射強度として検出され、A/D変換器15でデジタル信号に変換され、演算器16に送られる。

#### 【0022】

なお、図1及び図2に示す基板膜厚測定装置では、水噴出用ノズル5内に照射用ファイバ7と受光用ファイバ8の2本の光ファイバを挿入配置した例を示すが、図4に示すように、水噴出用ノズル5内に1本の照射／受光合成ファイバ39を挿入配置するように構成してもよい。

#### 【0023】

図4において、40はビームスプリッタであり、41～43はレンズ、44は

照射用ファイバ、45は受光用ファイバである。測定演算部9からの光は照射用ファイバ44、レンズ42、ビームスプリッタ40、レンズ41、照射／受光合成ファイバ39、該水流4を通して基板1の測定スポット3内の測定面に照射される。測定面で反射された反射光は水流4、照射／受光合成ファイバ39、レンズ41、ビームスプリッタ40、レンズ43、受光用ファイバ45を通って測定演算部9に導かれる。

#### 【0024】

膜厚測定に際しては、先ず、はじめに薄膜が形成されていない基板1の分光反射率比を求めておく。基板1の処理動作中は、ある決められた測定点を周期的に計測するように機械的に制御を行い、測定点の薄膜の分光反射率比を周期的に求める。

#### 【0025】

図5乃至図8は本発明の基板膜厚測定装置で膜厚測定演算する場合の処理フローを示す図である。図5において、被測定点（被測定膜の付いた部分）の分光反射強度から分光反射率比S（ $\lambda$ ）を求める（図19の曲線a参照）（ステップST1）と共に、被測定膜の付いていない部分の分光反射強度から分光反射率比R（ $\lambda$ ）を求める（図19の曲線b参照）（ステップST2）。除算して膜の分光反射率比（=測定プロファイル） $R_{meas}(\lambda) = S(\lambda) / R(\lambda)$ を得る（図19の曲線c参照）（ステップST3）。ここで $\lambda$ は光の波長を示す。なお、図20の曲線a、bは例えば入射光源にハロゲンランプを用いた時、反射光の波長のスペクトルが連続である場合を示している。

#### 【0026】

膜厚値Dを求めるために、膜厚の変数をdとおき膜厚値が存在すると思われる範囲（d1～d2）でdを変化させる。先ずdを初期化し（d=d1）（ステップST4）、該当膜厚dにおける分光反射率比の理論値 $R_{calc}(\lambda)$ と実測値 $R_{meas}(\lambda)$ の差の2乗和の評価値 $E_d$ を求め、評価関数 $E(d)$ を得る（ステップST5）。最小計測単位 $\Delta d$ を足し（d=d+ $\Delta d$ ）（ステップST6）、続いて $d \leq d_2$ か否かを判断し（ステップST7）、 $d \leq d_2$ であったら前記ステップST5に戻って処理を繰返す。

## 【0027】

また、 $d \leq d_2$ でなかったら、予めステップST8で求めておいた分光反射率比の理論値 $R_{\text{calc}}(\lambda_e)$ と測定プロファイルを1とした場合( $S(\lambda_e) / R(\lambda_e) = 1$ )との差の2乗和の評価関数 $E_{\text{new}}(d)$ より、本来の膜厚に起因する信号分 $P_E(d)$ を抽出するため、 $P_E(d) = E(d) / E_{\text{new}}(d)$ を算出し(ステップST9)、評価関数の比率 $P_E(d)$ の最小値を与える膜厚 $d$ を膜厚値Dとする(図20参照)(ステップST10)。本実施形態の場合、膜厚値Dは図16に示すように約460nmである。実際は膜厚値Dは演算器16により、特に図20を作成することなく評価関数の比率 $P_E(d)$ の最小値を与える $d$ を比較演算して自動的に求める。

## 【0028】

図6は図5のステップST5の該当膜厚 $d$ における測定波長領域内( $\lambda_1 \sim \lambda_2$ )での分光反射率比の理論値 $R_{\text{calc}}(\lambda)$ と実測値 $R_{\text{meas}}(\lambda)$ の差の2乗和から評価値 $E_d$ を求め、評価関数 $E(d)$ を得る処理フローを示す図である。先ず、波長 $\lambda$ を測定波長域 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲内で変化させる初期化( $\lambda = \lambda_1$ 、 $E_d = 0$ )を行う(ステップST11)。

## 【0029】

次に、以下の計算により評価値 $E_d$ を求める(ステップST12)。当該膜厚 $d$ における理論値 $R_{\text{calc}}(\lambda)$ と実測値 $R_{\text{meas}}(\lambda)$ の差の2乗和を求める。

$$E_\lambda = (R_{\text{meas}}(\lambda) - R_{\text{calc}}(\lambda))^2$$

$$E_d = E_d + E_\lambda$$

## 【0030】

理論値 $R_{\text{calc}}(\lambda)$ は吸収係数を零とした場合、以下の式で計算できる。

$$R_{\text{calc}}(\lambda) = r_1^2 + r_2^2 + 2 \times r_1 \times r_2 \times \cos \delta$$

但し、 $r_1 = (1 - n_1) / (1 + n_1)$ 、 $r_2 = (1 - n_b) / (1 + n_b)$ 、 $\delta = 4\pi n_1 d / \lambda$ 、 $n_1$ :膜の屈折率、 $n_b$ :基板の屈折率、 $d$ :膜厚、 $\lambda$ :測定波長領域( $\lambda_1 \sim \lambda_2$ )

## 【0031】

次に、測定波長域方向の分解能 $\Delta\lambda$ を足し( $\lambda = \lambda + \Delta\lambda$ )(ステップST1

3)、続いて $\lambda \leq \lambda_2$ か否かを判断し（ステップST14）、 $\lambda \leq \lambda_2$ であったら前記ステップST12に戻り処理を繰返し、 $\lambda \leq \lambda_2$ でなかったら評価関数E(d)に評価値E\_dを代入し（E(d)=E\_d）（ステップST15）、図5のステップST6に移行する。

#### 【0032】

図7は、図5のステップST8において、膜厚検索範囲内（ $d_1 \leq d \leq d_2$ ）における分光反射率比の理論値R<sub>calc</sub>( $\lambda_e$ )と測定プロファイルS( $\lambda_e$ )／R( $\lambda_e$ )=1との差の2乗和の評価関数E<sub>new</sub>(d)を求める処理フローを示す図である。図7において、ステップST21～ST23では、被測定膜の付いている部分の分光反射率比S( $\lambda_e$ )と、被測定膜の付いていない部分の分光反射率比R( $\lambda_e$ )が等しいものとし、測定プロファイルを1(S( $\lambda_e$ )／R( $\lambda_e$ )=1)としている。

#### 【0033】

膜厚の変数dを膜厚の存在すると思われる範囲（ $d_1 \sim d_2$ ）でdを変化させる。先ず変数dを初期化する（d=d<sub>1</sub>）（ステップST24）。該当膜厚dにおける分光反射率比の理論値R<sub>calc</sub>( $\lambda_e$ )と測定プロファイルS( $\lambda_e$ )／R( $\lambda_e$ )=1との差の2乗和の評価値E<sub>newd</sub>を求め、評価関数E<sub>new</sub>(d)を得る（ステップST25）。最小計測単位 $\Delta d$ を足し（d=d+ $\Delta d$ ）（ステップST26）、続いてd $\leq d_2$ か否かを判断し（ステップST27）、d $\leq d_2$ ならば前記ステップST25に戻って処理を繰返し、d $\leq d_2$ でない場合、図5のステップST9に移行する（SUB2関数を抜ける）。

#### 【0034】

図8は図7のステップST25において、当該膜厚dにおける測定波長領域内（ $\lambda_1 \sim \lambda_2$ ）内での分光反射率の理論値R<sub>calc</sub>( $\lambda_e$ )と測定プロファイルS( $\lambda_e$ )／R( $\lambda_e$ )=1との差の2乗和の評価値E<sub>newd</sub>を求め、評価関数E<sub>new</sub>(d)を得る処理フローを示す図である。先ず波長 $\lambda_e$ を測定波長領域 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲内で変化させる初期化（ $\lambda_e = \lambda_1$ 、E<sub>newd</sub>=0）を行う（ステップST31）。

#### 【0035】

該当膜厚dにおける理論値R<sub>calc</sub>と測定プロファイルS(λe)／R(λe)=1との差の2乗和を求める(ステップST32)。

$$E_{\lambda e} = (R_{\text{calc}}(\lambda e) - 1)^2$$

$$E_{\text{new } d} = E_{\text{new } d} + E_{\lambda e}$$

#### 【0036】

理論値R<sub>calc</sub>(λe)は吸収係数を零とした場合以下の式で計算できる。

$$R_{\text{calc}}(\lambda e) = r_1^2 + r_2^2 + 2 \times r_1 \times r_2 \times \cos \delta$$

但し、 $r_1 = (1 - n_1) / (1 + n_1)$ 、 $r_2 = (1 - n_b) / (1 + n_b)$ 、 $\delta = 4\pi n_1 d / \lambda e$ 、 $n_1$ ：膜の屈折率、 $n_b$ ：基板の屈折率、 $d$ ：膜厚、 $\lambda e$ ：測定波長領域( $\lambda_1 \sim \lambda_2$ )

#### 【0037】

測定波長域方向の分解能 $\Delta \lambda$ を足し( $\lambda e = \lambda e + \Delta \lambda$ ) (ステップST33)、 $\lambda e \leq \lambda_2$ か否かを判断し(ステップST34)、 $\lambda e \leq \lambda_2$ の場合はステップST32に戻り処理を繰返し、 $\lambda e \leq \lambda_2$ でない場合、評価関数E<sub>new</sub>(d)に、評価値E<sub>newd</sub>を代入し(E<sub>new</sub>(d) = E<sub>newd</sub>) (ステップST35)、図7のステップST26に移行する(SUB3を抜ける)。

#### 【0038】

図9は被測定膜が金属膜で処理状態を検出する場合の測定演算部9の構成を示す図である。図9において、ハロゲン光源10から発した光は、第1のレンズ11を通って照射用ファイバ7に導かれ、該照射用ファイバ7の先端から水流4内を通して基板1の測定面に照射される。該測定面で反射された反射光は受光用ファイバ8を通って第2のレンズ12に導かれ、該第2のレンズ12から光強度検出素子(例えば、フォトダイオード)17に導かれ光強度として検出され、A/D変換器18でデジタル信号に変換され、演算器16に送られる。

#### 【0039】

金属膜は膜厚が厚い場合、透過光がほとんどなく膜上で反射される光ばかりである。金属膜が処理により薄くなり、なくなる状態を検出する場合、分光反射率比を求めず単純に光強度情報から、処理終点を検出できる。また、金属膜の有無によって、分光反射率比が異なるならば、光強度情報のみではなく分光反射率比

の変化情報で金属膜の有無を判断することも可能である。

#### 【0040】

図10は本発明に係る基板膜厚測定装置の他の構成例を示す図である。図10において、1は表面に薄膜2が形成された基板であり、5は該基板1の処理面2aに水流を噴出する水噴出用ノズルであり、該水噴出用ノズル5の下端にはレンズ20が水を封じるように水密状態に設けられている。加圧水流6を水噴出用ノズル5に供給しその先端から細い円柱状の水流4を基板1の測定面2aの所定の位置に当接させ、測定スポット3を形成する。

#### 【0041】

ハロゲン光源21からの光をレンズ22、ビームスプリッタ23、レンズ24を通して水噴出用ノズル5の下端に設けたレンズ20に導く。該レンズ20に導かれた光は水流4内を通って基板1の測定スポット3内の測定面2aに照射される。該測定面2aで反射された反射光は水流4内を通って、レンズ20及びレンズ24を通ってビームスプリッタ23に導かれ、該ビームスプリッタ23で分離され、レンズ25を通して受光部26に導かれる。この受光部26は図3に示すように、回折格子13、CCDラインセンサ14、A/D変換器15及び演算器16で構成するか、或いは図9に示すように、光強度検出素子17、A/D変換器18及び演算器16で構成する。

#### 【0042】

図11及び12は被研磨基板と研磨体の相対運動により被研磨基板の研磨面を研磨する研磨装置に本発明に係る基板膜厚測定装置を設け、研磨中の膜厚をリアルタイムで検出する場合の構成例を示す図である。図11は一部断面側面図、図12は図11のY-Y矢視図である。図11及び図12において、30はターンテーブルであり、該ターンテーブル30の上面には研磨布31が貼り付けられている。32はトップリングであり、研磨される被研磨基板33は該トップリング32の下面に装着され、トップリング32と研磨布31の間に所定の圧力で挟まれている。なお、34はトップリング32の下面外周部に装着され被研磨基板33の飛び出しを防止するためのガイドリングである。

#### 【0043】

トップリング32とターンテーブル30はそれぞれ独立して回転しており、図示は省略するが、研磨布31の上面には図示しない砥液供給ノズルから砥液が供給される。被研磨基板33と研磨布31の相対運動により、被研磨基板33の研磨面（研磨布31との当接面）は研磨される。

#### 【0044】

5は図1及び図2と同様の水噴出用ノズルであり、該水噴出用ノズル5には加圧水流パイプ36が接続され、水噴出用ノズル5から噴出された水流4の水は水受皿35で受けられ、排水パイプ37で排出される。該水受皿35の上端は研磨布31の上面に開口しており、水噴出用ノズル5から噴出される水流4は被研磨基板33の研磨面に図1及び図2と同じように測定スポット3を形成する。なお、図では水噴出用ノズル5を分り易くするため大きく描いているが、実際には微小なスポットを構築するために水噴出用ノズル5の径は小さい（0.4mm～0.7mm）。

#### 【0045】

水噴出用ノズル5内には図1及び図2の場合と同様、照射用ファイバ7と受光用ファイバ8の先端部が挿入されており、測定演算部9から照射用ファイバ7を通って水噴出用ノズル5内に導かれ、該水噴出用ノズル5から噴出される水流4を通って該水流4が当接する研磨面の測定スポット3内に投光される。そして該研磨面で反射された反射光は水流4及び受光用ファイバ8を通って測定演算部9に導かれる。

#### 【0046】

測定演算部9は図3又は図9に示すように構成されており、該測定演算部9へ供給する電源、該測定演算部9からの出力信号はターンテーブル30の回転駆動軸下端に設けた図示しない回転接続部を介して供給、伝送される。更に、出力信号は研磨装置の図示しない表示パネルに伝送され膜厚の測定状況を表示すると共に、研磨装置の制御部に伝送され、制御処理に用いられる。また、加圧水は回転駆動軸下端に取り付けられた図示しない回転接続機構を介して加圧水流パイプ36に供給されるようになっている。

#### 【0047】

上記のように、研磨装置に基板膜厚測定装置を設けることにより、簡単な構成で研磨中の基板1の膜厚をリアルタイムで、且つ高精度で安定して測定できる。

## 【0048】

図13は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す一部断面側面図である。本研磨装置が図11及び図12に示す研磨装置と相違する点は、水噴出用ノズル5及び該水噴出用ノズル5から噴出される水を受ける水受皿35をターンテーブル30の外周近傍に配置し、ターンテーブル30の外側で被研磨基板33の研磨面膜厚を測定するように構成している点である。このように構成することにより、被研磨基板33の膜厚を測定するとき研磨を一時的に中止し、或いは中止せず研磨の最中にトップリング32下面の一部をターンテーブル30上面よりはみ出させた状態で膜厚を測定することができる。

## 【0049】

図14は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す一部断面側面図である。本研磨装置が図11及び図13に示す研磨装置と異なる点は、ターンテーブル30が図示しない非自転機構により自転せず、偏心量eの公転を行うように構成している点である。このように構成することにより、加圧水流パイプ36への加圧水の供給は回転接続機構を介すことなく直接供給できる。また、静止部に設けられた測定演算部9と水噴出用ノズル5の間に照射用ファイバ7と受光用ファイバ8を直接張り渡すことができる。

## 【0050】

図15乃至図16は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す図で、図15は一部側断面図、図16は図15のY-Y矢視図である。本研磨装置は図11及び図12に示す研磨装置に基板膜厚測定スポットを半径上に複数個（図では3個）設置した場合を示している。本研磨装置が図11及び図12の研磨装置と異なる点は、水噴出用ノズル5、照射用ファイバ7、受光用ファイバ8が各々3組設けられ、複数スポットで研磨面膜厚を測定するように構成している点である。

## 【0051】

図15及び図16の研磨装置において、測定演算部9は1つであり、各測定ス

ポットの研磨面で反射された反射光は水流4及び受光用ファイバ8を通って測定演算部9に導かれる。測定演算部9では複数点の演算結果を出力してもよいし、また平均値をとって1点の演算結果を出力してもよい。また、測定演算部9を測定スポットと1対1になるように構成して、即ち、膜厚測定装置を測定スポットの箇所と同数台設置し、研磨装置の制御部にて、各測定演算部9の出力結果を編集してもよい。

#### 【0052】

図17は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す図である（図15のY-Y矢視図に相当する）。本研磨装置は図示するように、図11及び図12に示す研磨装置に基板膜厚測定スポットを同心円上に複数個（図では3個）設置している。このように構成することにより、ターンテーブル30上の同一周回上で、該ターンテーブルが1回転する間に複数回膜厚を測定できるため、精度の高い膜厚測定が可能となる。

#### 【0053】

図18は本発明に係る基板膜厚測定装置を設けた研磨装置の構成例を示す図である（図15のY-Y矢視図に相当する）。本研磨装置は図示するように、図11及び図12に示す研磨装置に基板膜厚測定スポットを放射状に複数個（図では放射方向に2個ずつ計6個）設置している。このような構成は、例えばターンテーブル30上で複数のトップリングが作用して、同時に複数の基板を研磨する場合や、トップリング32の振動範囲、振動速度とターンテーブル30の回転速度の関係が所定の範囲を越える場合に採用される。このように基板膜厚測定スポットを複数設置できる理由は、本発明に係る基板膜厚測定スポットが、従来の膜厚測定装置に比べて大幅に小型化できるからである。

#### 【0054】

なお、上記基板膜厚測定装置において、水噴出ノズル5より水を噴出して水流4を形成する例を示したが、水噴出ノズル5より噴出する液体は水に限定されるものではなく、光を透過する透光液であればよく、即ち、水噴出用ノズル5から該透光液を噴出し、円柱状の透光液流を形成するようにしてもよい。また、水噴出用ノズル5は、専用に設ける必要がなく、例えば基板を洗浄するための洗浄水

を噴出する洗浄水噴出ノズルを利用し、基板の測定面に当接する洗浄水流を通して光を照射し、該測定面で反射された反射光を該洗浄水流を通して測定演算部9へ導くようにしてもよい。

#### 【0055】

また、上記例では研磨装置として上面に研磨布31を貼り付けたターンテーブル30とトップリング32を具備し、トップリング32と研磨布31の間に被研磨基板33を挟み込み、被研磨基板33と研磨布31の相対運動で研磨する研磨装置を例に説明したが、研磨装置の構成はこれに限定されるものではなく、例えばターンテーブル30の上面に砥石板を設け、砥石板と被研磨基板の相対運動で研磨面を研磨するように構成したものでも良い。要は被研磨基板と研磨体の相対運動により該被研磨基板の研磨面を研磨する研磨装置であればよく、このような構成の研磨装置に本発明に係る基板膜厚測定装置を設けると、研磨中の基板の膜厚をリアルタイムで、且つ高精度で安定的に測定できる。

#### 【0056】

図21は本発明に係る基板膜厚測定装置を備えた、基板洗浄装置の構成例を示す図である。図21において、51は半導体ウエハ等の基板であり、該基板51には測定しようとする薄膜が形成されている。基板51は複数の基板保持部材53を具備する基板保持機構52により、薄膜形成面を上にして保持され矢印Aに示すように回転する。55はペンシル型の洗浄具であり、回転軸56を介してアーム57に支持され、矢印Bに示すように回転する。洗浄具55の先端にはスポンジ等の洗浄部材58が取り付けられている。

#### 【0057】

また、59は洗浄液ノズルであり、該洗浄液ノズル59内には、図22に示すように、照射用ファイバ60と受光用ファイバ61が挿入配置されている。また、該照射用ファイバ60と受光用ファイバ61は測定演算部62に接続されている。アーム57は支持軸63を中心に矢印Cに示すように揺動し、且つ矢印Dに示すように上下動できるようになっている。

#### 【0058】

上記構成の基板洗浄装置において、洗浄液ノズル59から透光性の洗浄液（主

に水)を噴出し、回転する洗浄具55をアーム57で揺動させながら、基板51の上面を所定の圧力で押圧し洗浄する。洗浄液ノズル59から噴出された、洗浄液は基板上面に測定スポット64を形成する。測定演算部62から照射用ファイバ60、洗浄液流65を通して測定スポット64の基板51の薄膜面に光を照射し、反射した光を洗浄液流65、受光用ファイバ61を通して測定演算部62に導く。これにより、測定演算部62は洗浄中に基板51に形成された薄膜の膜厚の測定(場合によっては膜の有無の検出)ができる。なお、図22において、70は洗浄液を送出する洗浄液ポンプである。

#### 【0059】

図23は本発明に係る基板膜厚測定装置を備えた、基板洗浄装置の構成例を示す図である。本洗浄装置は外周にスポンジ等の洗浄部材67が取りつけられた回転するロール型の洗浄具66を具備する。この回転するロール型の洗浄具66を回転コマ68を有する複数本のスピンドル69で保持され、且つ矢印Eに示すように回転する基板61に押し付け、洗浄液ノズル59から洗浄液を噴出しながら、基板1の上面を洗浄する。

#### 【0060】

洗浄液ノズル59内には、図22に示すように、照射用ファイバ60と受光用ファイバ61が挿入配置されている。また、該照射用ファイバ60と受光用ファイバ61は測定演算部62に接続されている。洗浄液ノズル59から噴出された、洗浄液は基板上面に測定スポット64を形成する。測定演算部62から照射用ファイバ60、洗浄液流65を通して測定スポット64の基板51の薄膜面に光を照射し、反射した光を洗浄液流65、受光用ファイバ61を通して測定演算部62に導くことにより、図21に示す基板洗浄装置と同様、基板51の洗浄中に薄膜の膜厚の測定(場合によっては膜の有無の検出)ができる。

#### 【0061】

なお、図21及び図23の基板洗浄装置においては、図1及び図2に示すような構成の基板膜厚測定装置を設ける場合を例に説明したが、これに限定されるものではなく、図4、図10に示す構成の基板膜厚測定装置でもよいことは当然である。

【0062】

また、本発明に係る基板測定装置は、例えばCVD装置、めっき装置等の基板に膜を形成する装置、基板に形成された膜の研磨、除去等の処理を行う基板処理装置に備えることにより、基板に形成された膜厚の測定、膜の有無等の基板状態の検出或いは基板状態の観測も可能である。特に、これに基板処理装置において、基板に投光性の洗浄液や各種の処理液を噴出接液させる既存の処理液噴出接液手段が備わっている場合、これらの手段を利用して簡単に、且つ迅速に膜厚の測定或いは膜の有無等の検出・観測が可能になる。

【0063】

【発明の効果】

以上、説明したように各請求項に記載の発明によれば、下記のような優れた効果が得られる。

【0064】

請求項1又は2に記載の発明によれば、基板の被測定面に当接する透光液流は長さが短い場合その径が略一定であり、被測定面上の測定スポットの大きさは、透光液流噴出端と被測定面との間隔に依存しないから、厳密な間隔制御が不要で精度の良い膜厚の測定ができる。特に円柱状の水や薬液等の透光液を研磨面に当接させるノズル等が既に構築されている場合は、この透光液流を利用して膜厚を測定できるから、装置の大きな改造を必要とすることなく、処理中の基板膜厚をリアルタイムで測定することができる。

【0065】

請求項3に記載の発明によれば、光ファイバを通して基板の被測定面に光を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を光ファイバを通して受光するよう構成するので、光ファイバの先端及び透光液流噴出端との間隔の制御を必要としない。また、高精度に膜厚を測定できる。

【0066】

請求項4に記載の発明によれば、レンズを介して光を透光液流に投光し、該投光された光を透光液流を通して基板の被測定面を照射すると共に、該被測定面で反射される反射光を透光液流及びレンズを通して受光するよう構成しているの

で、レンズ及び透光液流噴出端との間隔の制御が必要なく高精度に膜厚を測定できる。また、透光液流中に照射用光ファイバー及び受光用光ファイバーを挿入しないから、透光液流の変形を防止することができる。

## 【0067】

請求項5に記載の発明によれば、処理中の被処理基板の処理面に該基板測定装置の透光液流体を当接させ、該透光液流を通して処理面に光を照射すると共に、該処理面で反射される反射光を該透光液を通して受光するように構成したので、処理中の被処理基板の被測定面を何ら損傷せることなく、膜厚をリアルタイムで測定できる。また、膜厚を測定できるということは、当然CMPの一つの使用目的である。表面層除去という加工において、表面層膜厚=0、つまり表面層除去終了情報をも得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例を示す図である。

## 【図2】

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例を示す図である。

## 【図3】

本発明に係る基板膜厚測定装置の測定演算部の構成例を示す図である。

## 【図4】

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例を示す図である。

## 【図5】

本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フローを示す図である。

## 【図6】

本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フローを示す図である。

## 【図7】

本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フローを示す図である。

## 【図8】

本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フローを示す図である。

## 【図9】

本発明に係る基板膜厚測定装置の測定演算部の構成例を示す図である。

【図10】

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例を示す図である。

【図11】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図12】

図11のY-Y矢視を示す図である。

【図13】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図14】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図15】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図である。

【図16】

図15のY-Y矢視図である。

【図17】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図（図15のY-Y矢視図に相当）である。

【図18】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例を示す図（図15のY-Y矢視図に相当）である。

【図19】

被測定膜がある部分とない部分の分光反射率比と被測定膜の分光反射率比を示す図である。

【図20】

膜厚に対する分光反射率比の理論値と実測値の評価関数を示す図である。

【図21】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板洗浄装置の構成例を示す図である。

【図22】

図21に示す基板洗浄装置の洗浄液ノズルの内部の構成を示す図である。

【図23】

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板洗浄装置の構成例を示す図である。

【符号の説明】

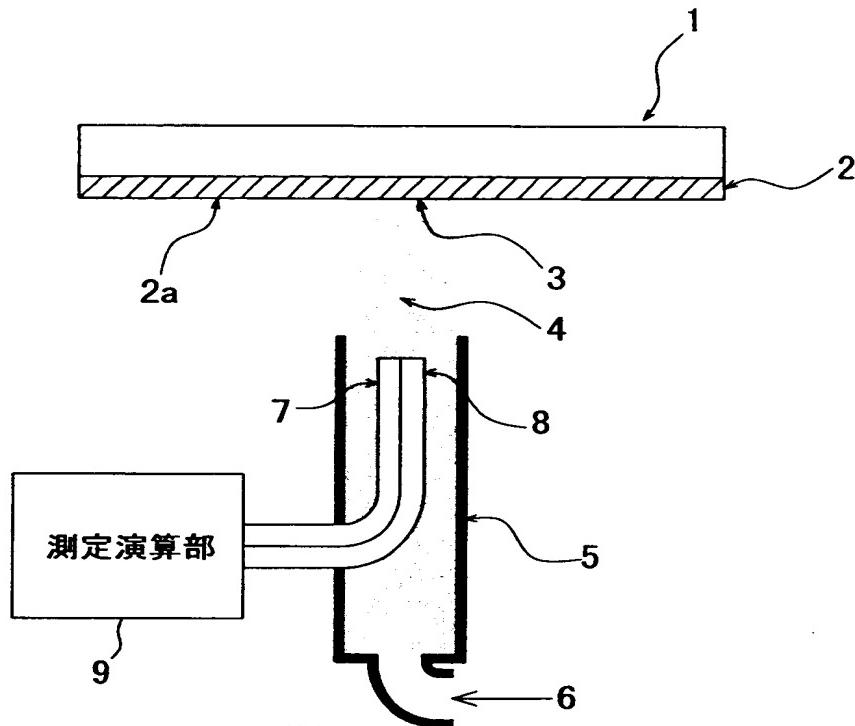
- |    |           |
|----|-----------|
| 1  | 基板        |
| 2  | 薄膜        |
| 3  | 測定スポット    |
| 4  | 水流        |
| 5  | 水噴出用ノズル   |
| 6  | 加圧水流      |
| 7  | 照射用ファイバ   |
| 8  | 受光用ファイバ   |
| 9  | 測定演算部     |
| 10 | ハロゲン光源    |
| 11 | 第1のレンズ    |
| 12 | 第2のレンズ    |
| 13 | 回折格子      |
| 14 | CCDラインセンサ |
| 15 | A/D変換器    |
| 16 | 演算器       |
| 17 | 光強度検出素子   |
| 18 | A/D変換器    |
| 20 | レンズ       |

- 2 1 ハロゲン光源  
2 2 レンズ  
2 3 ビームスプリッタ  
2 4 レンズ  
2 5 レンズ  
2 6 受光部  
3 0 ターンテーブル  
3 1 研磨布  
3 2 トップリング  
3 3 被研磨基板  
3 4 ガイドリング  
3 5 水受皿  
3 6 加圧水流パイプ  
3 7 排水パイプ  
3 8 排水用部材  
3 9 照射／受光合成ファイバ  
4 0 ビームスプリッタ  
4 1 レンズ  
4 2 レンズ  
4 3 レンズ  
4 4 照射用ファイバ  
4 5 受光用ファイバ  
5 1 基板  
5 2 基板保持機構  
5 3 基板保持部材  
5 5 洗浄具  
5 6 回転軸  
5 7 アーム  
5 8 洗浄部材

- 5 9 洗浄液ノズル
- 6 0 照射用ファイバ
- 6 1 受光用ファイバ
- 6 2 測定演算部
- 6 3 支持軸
- 6 4 測定スポット
- 6 5 洗浄液流
- 6 6 洗浄具
- 6 7 洗浄部材
- 6 8 回転コマ
- 6 9 スピンドル
- 7 0 洗浄液ポンプ

【書類名】 図面

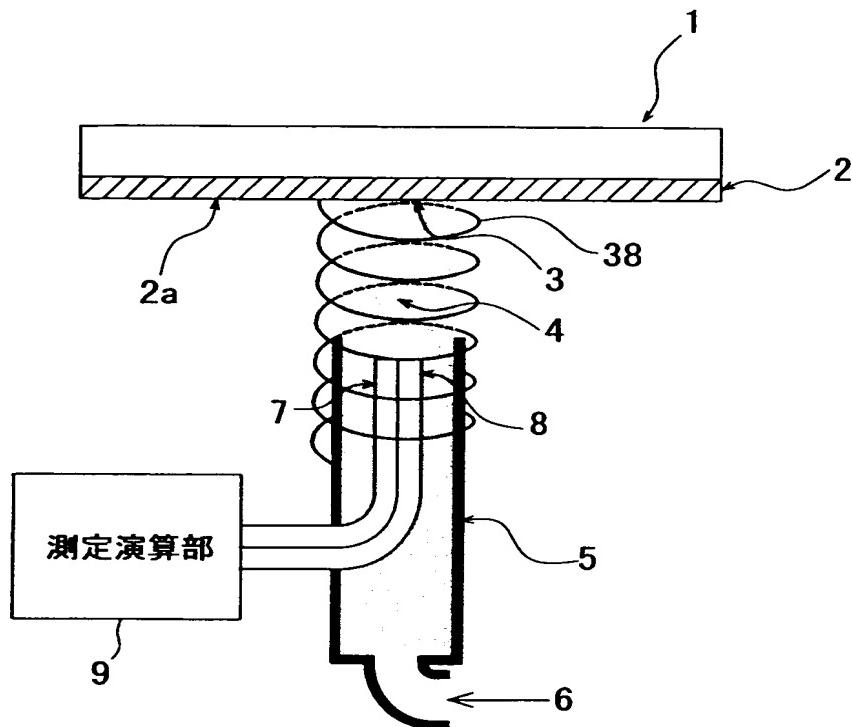
【図1】



- 1: 基板  
 2: 薄膜  
 3: 測定スポット  
 4: 水流  
 5: 水噴出用ノズル  
 6: 加圧水流  
 7: 照射用ファイバ  
 8: 受光用ファイバ  
 9: 測定演算部

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例

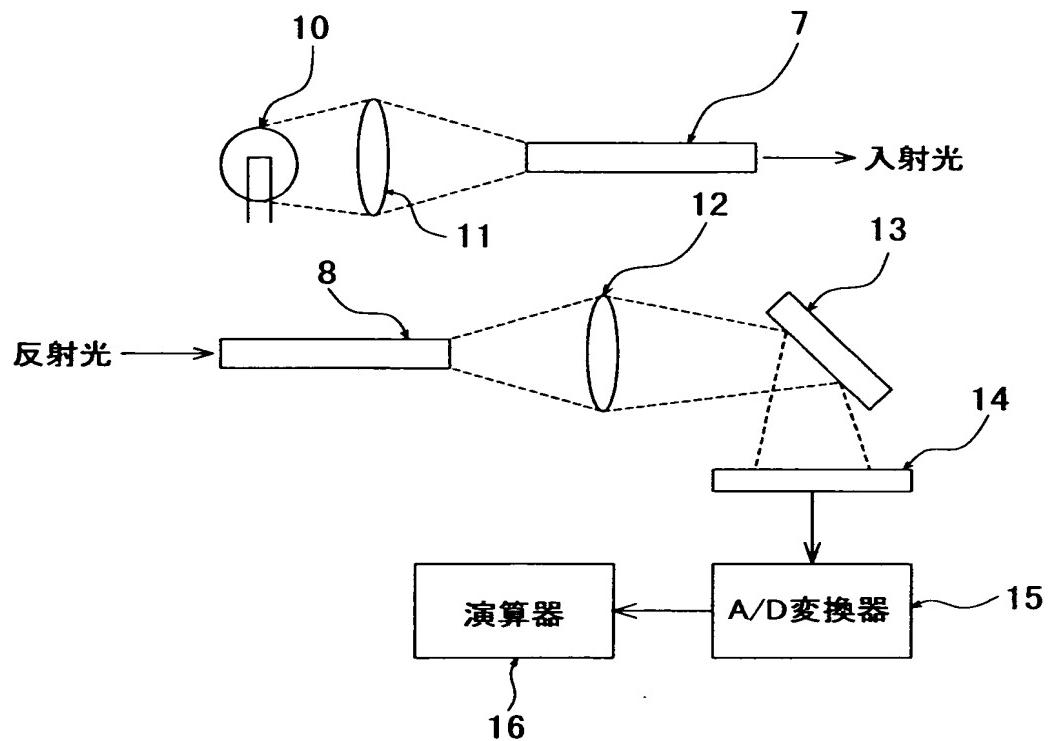
【図2】



- 1: 基板
- 2: 薄膜
- 3: 測定スポット
- 4: 水流
- 5: 水噴出用ノズル
- 6: 加圧水流
- 7: 照射用ファイバ
- 8: 受光用ファイバ
- 9: 測定演算部
- 38: 排水用部材

本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例

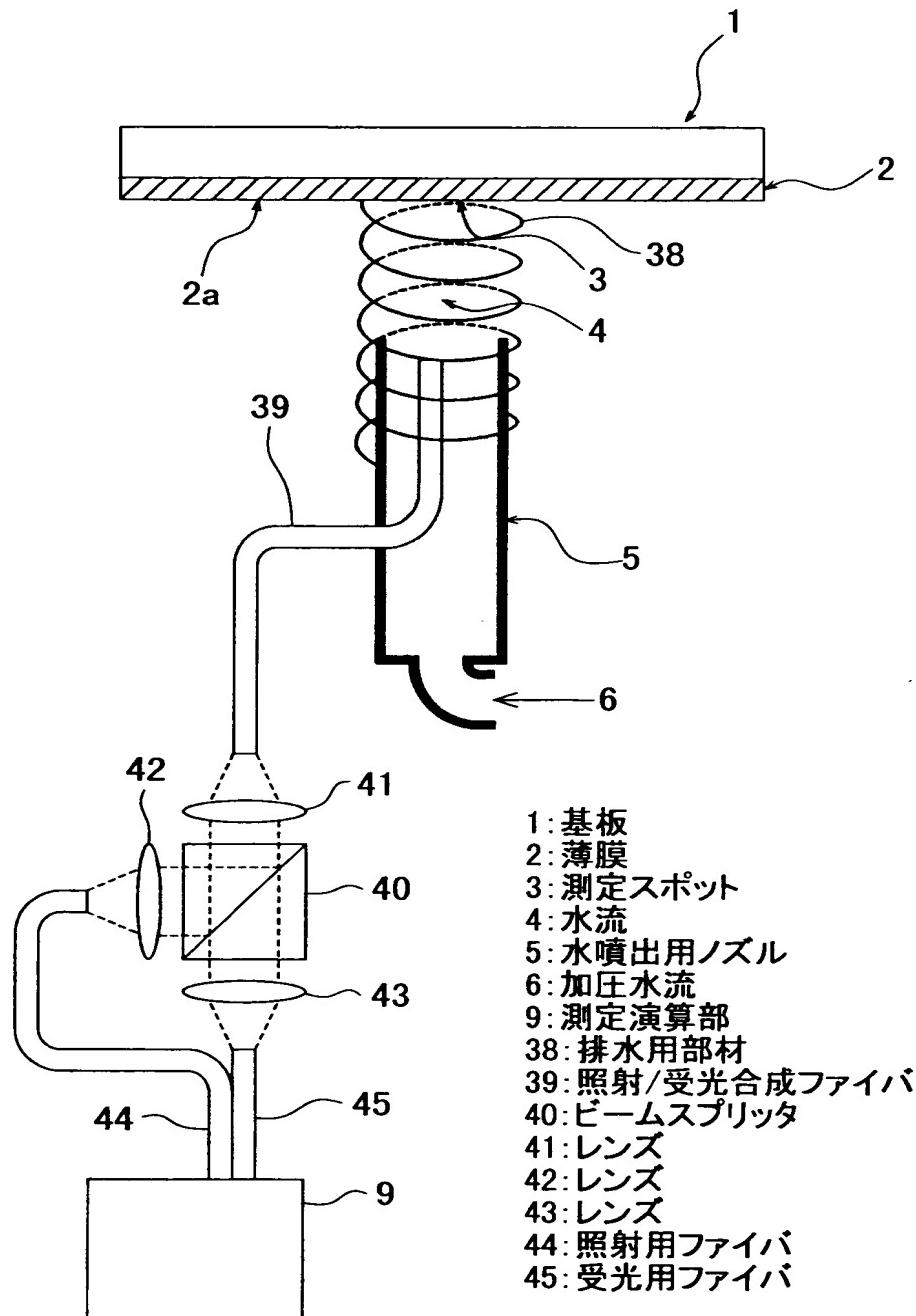
【図3】



- 7: 照射用ファイバ
- 8: 受光用ファイバ
- 10: ハロゲン光源
- 11: 第1のレンズ
- 12: 第2のレンズ
- 13: 回折格子
- 14: CCDラインセンサ
- 15: A/D変換器
- 16: 演算器

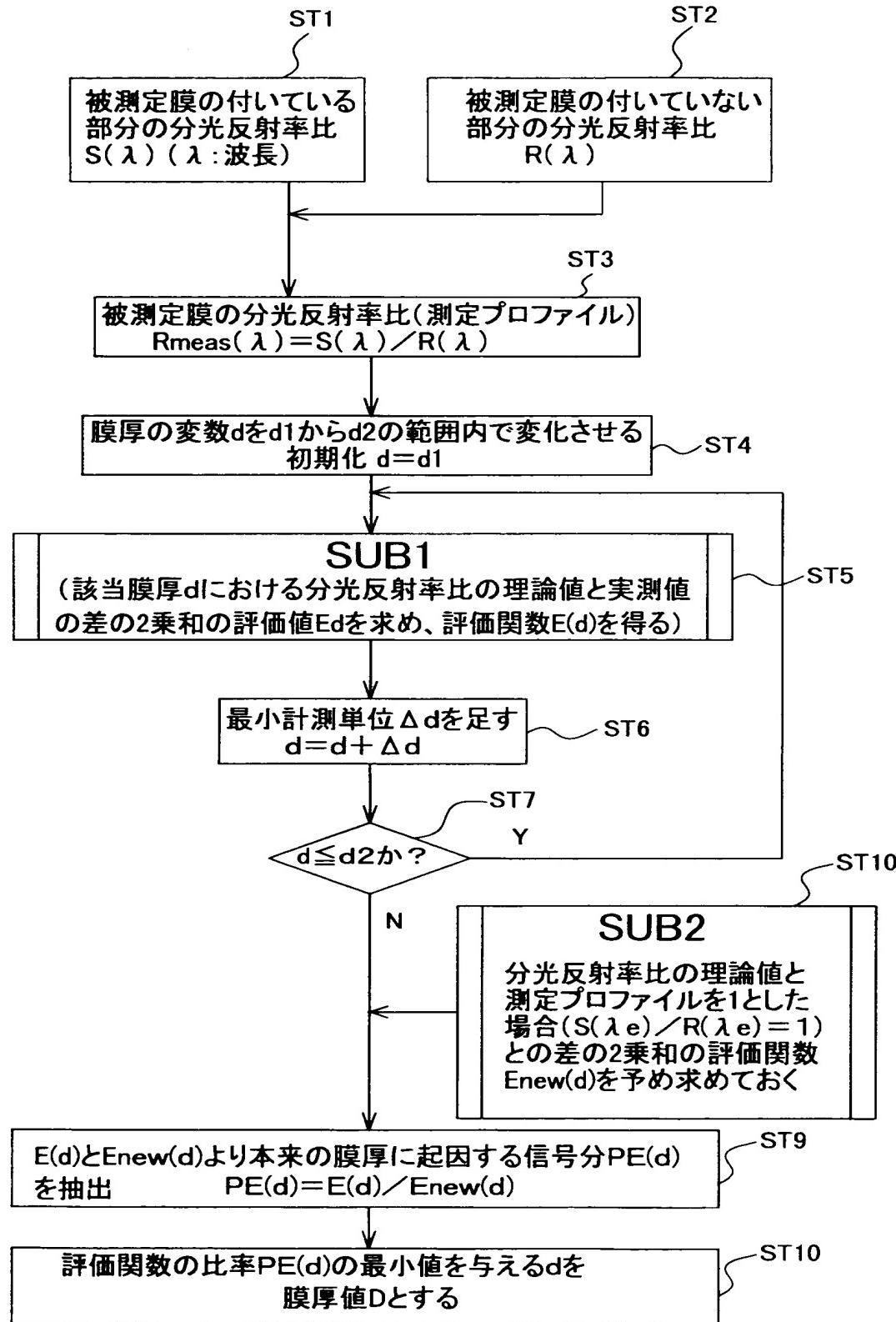
本発明に係る基板膜厚測定装置の測定演算部の構成例

【図4】



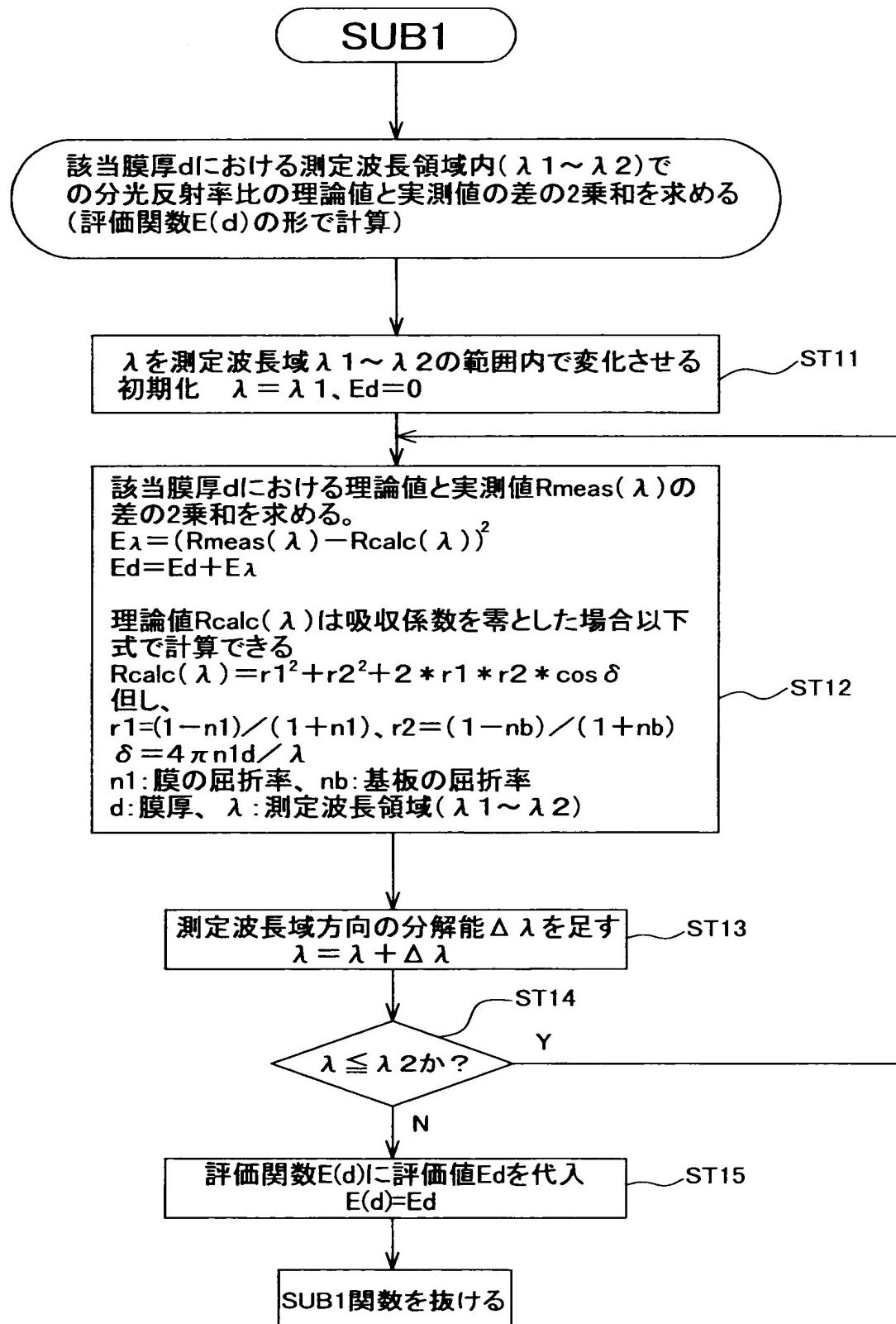
本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例

【図5】



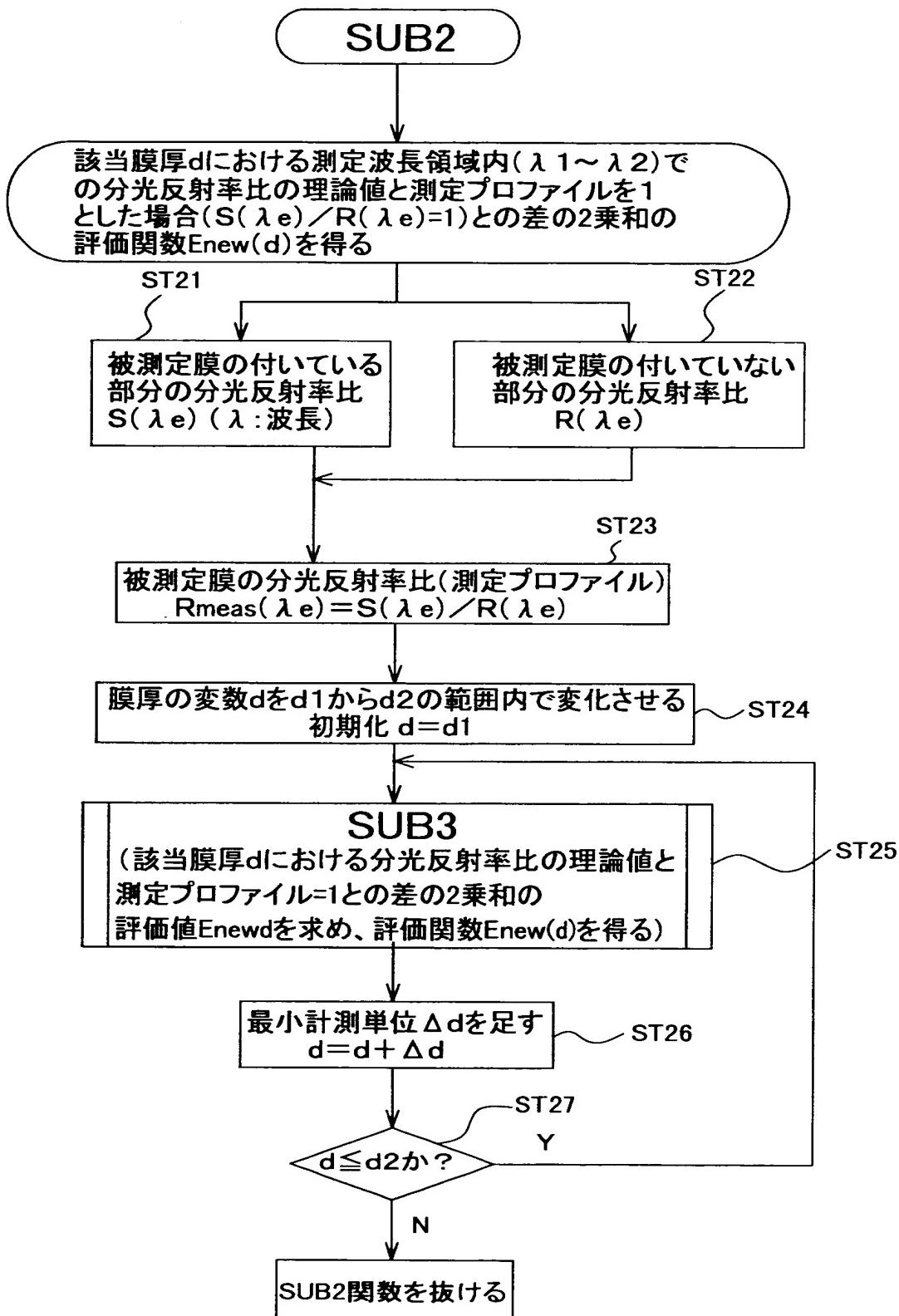
本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フロー

【図6】



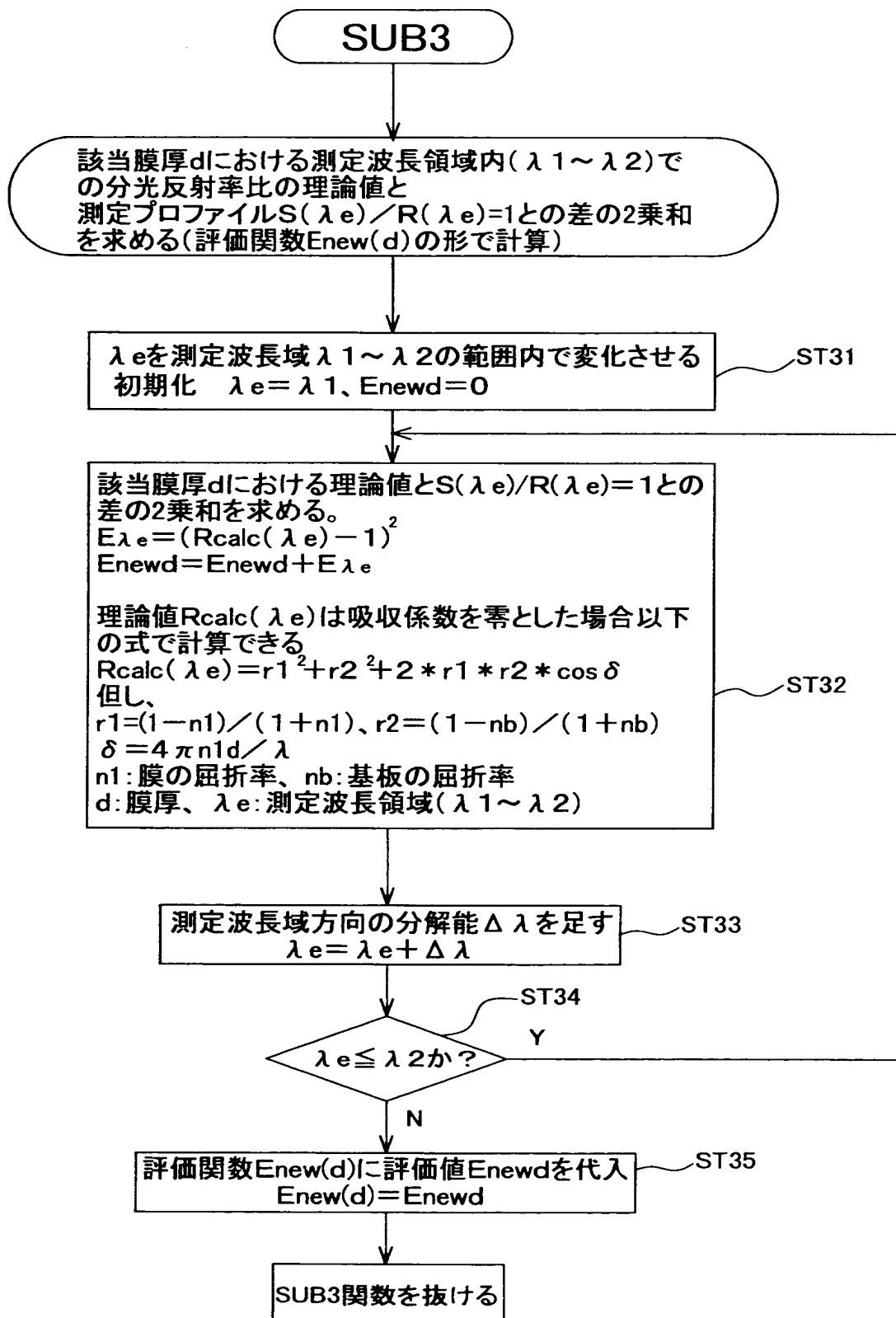
本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フロー

【図7】



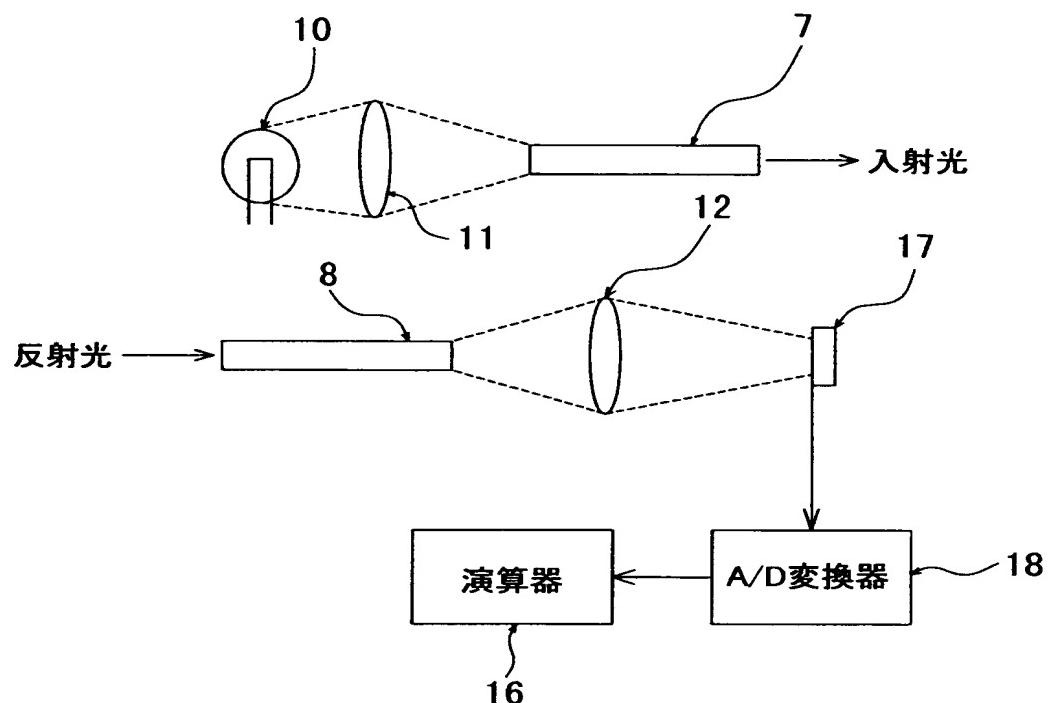
本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フロー

【図8】



本発明に係る基板膜厚測定装置の膜厚演算処理フロー

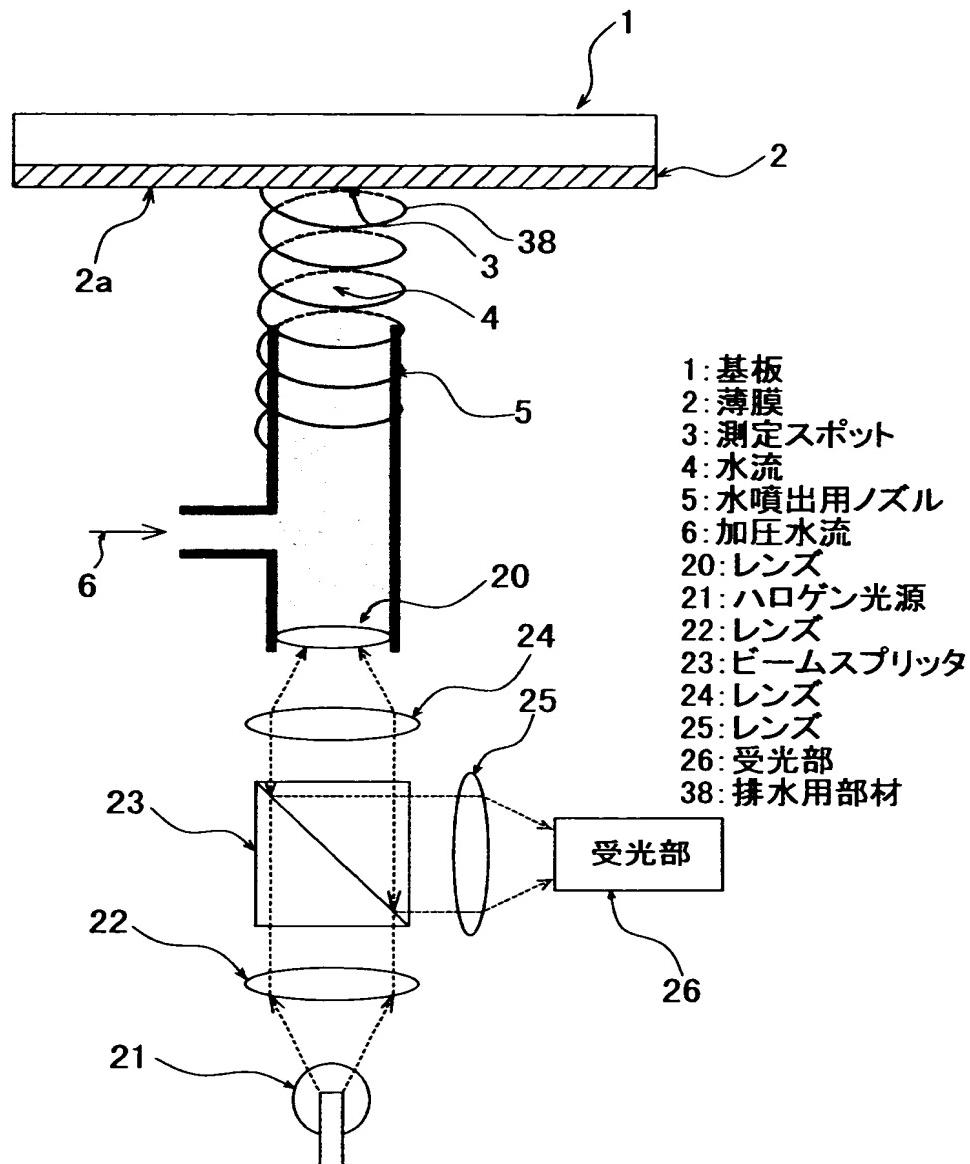
【図9】



- 7: 照射用ファイバ
- 8: 受光用ファイバ
- 10: ハロゲン光源
- 11: 第1のレンズ
- 12: 第2のレンズ
- 16: 演算器
- 17: 光強度検出素子
- 18: A/D変換器

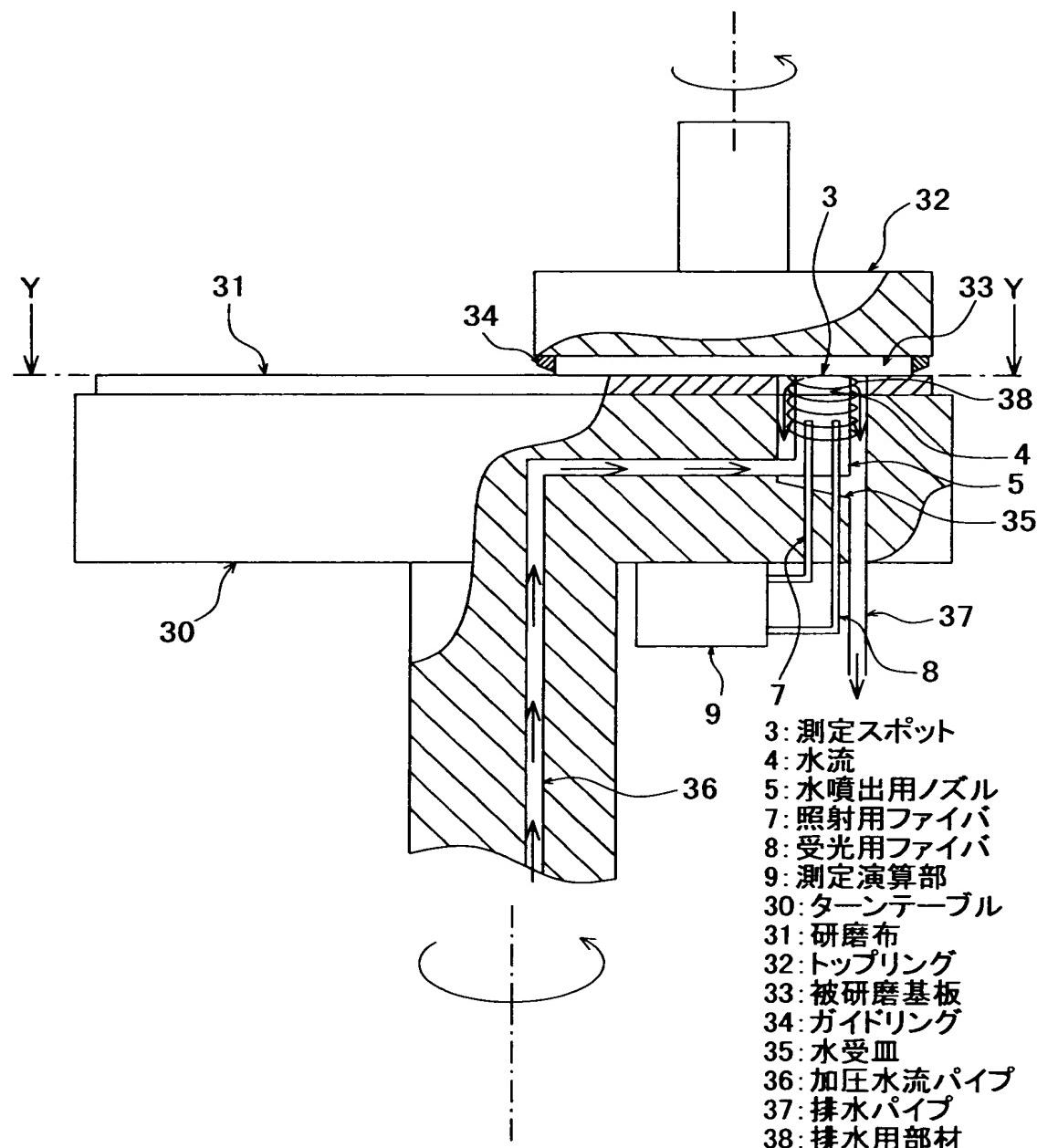
本発明に係る基板膜厚測定装置の測定演算部の構成例

【図10】



本発明に係る基板膜厚測定装置の概略構成例

【図11】



本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図12】

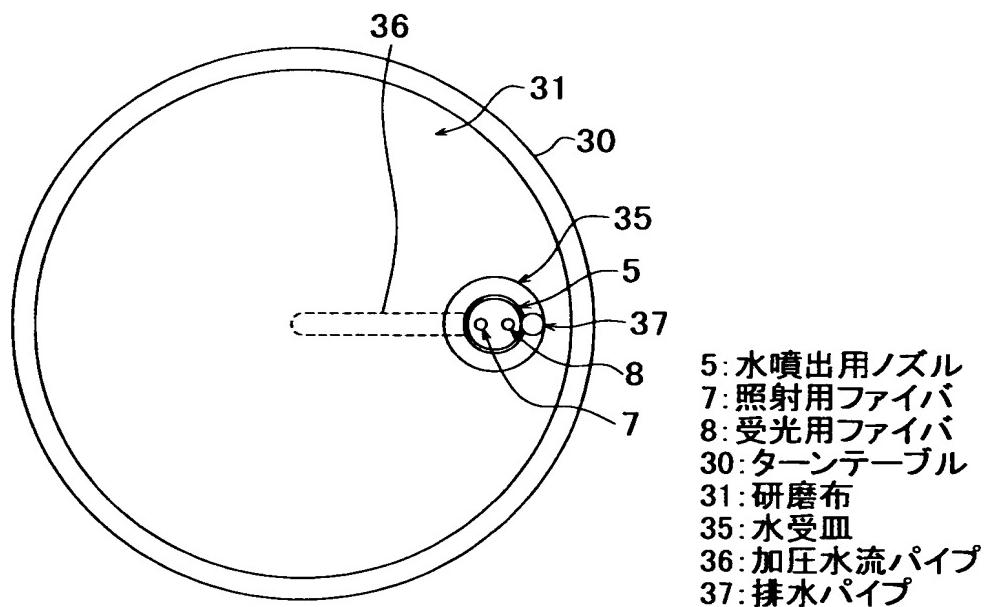
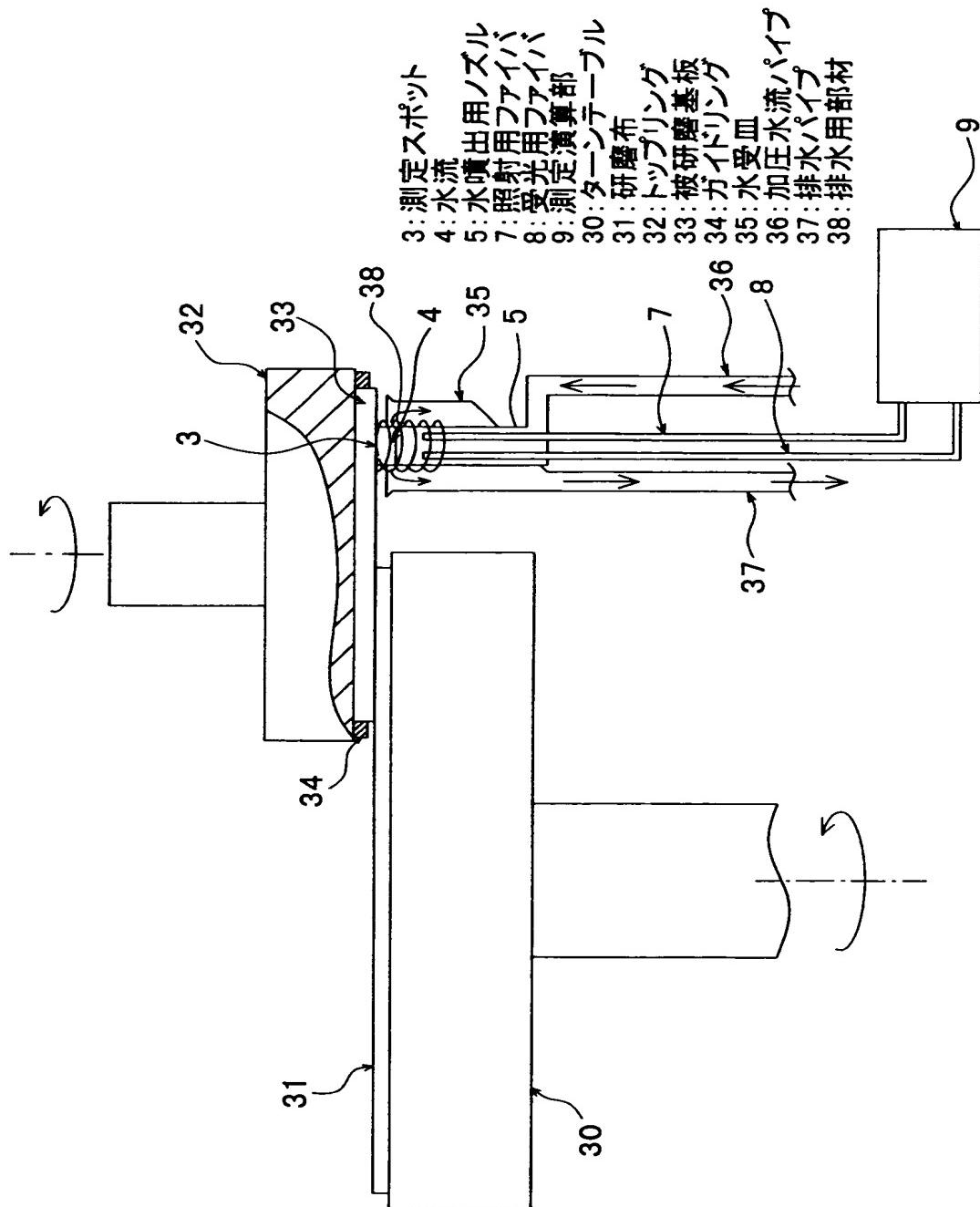


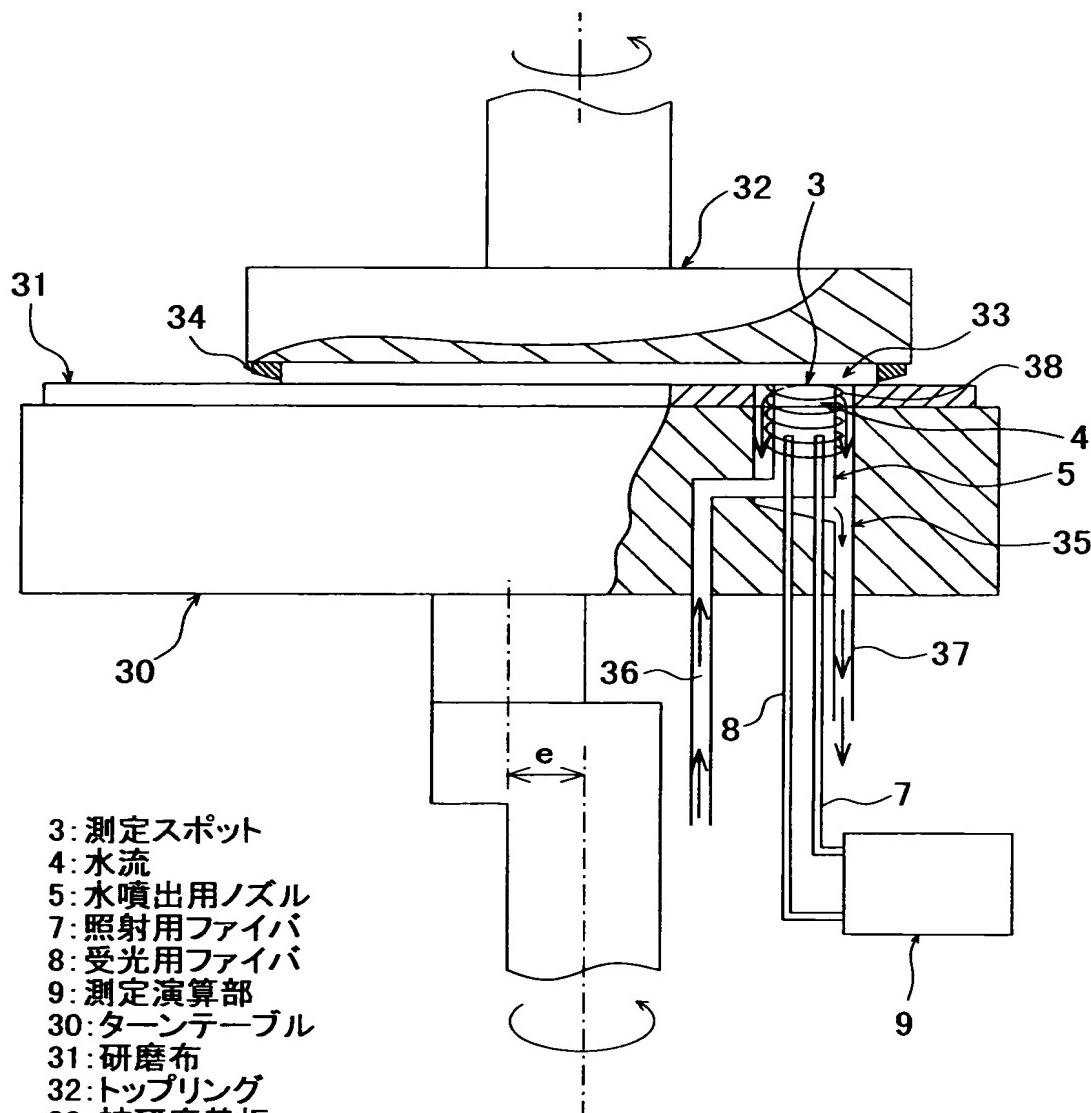
図11のY-Y矢視図

【図13】



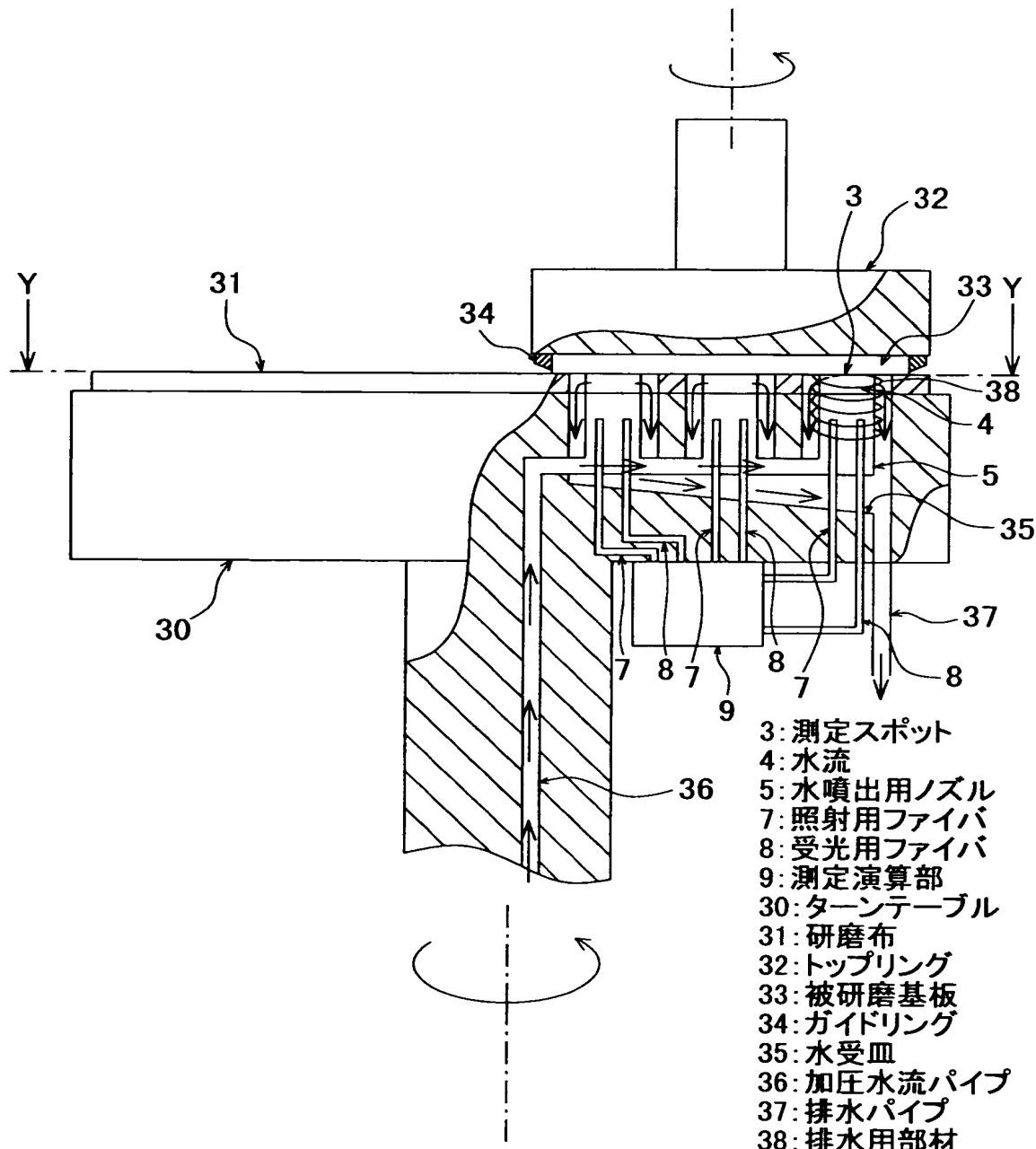
本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図14】



本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図15】



本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図16】

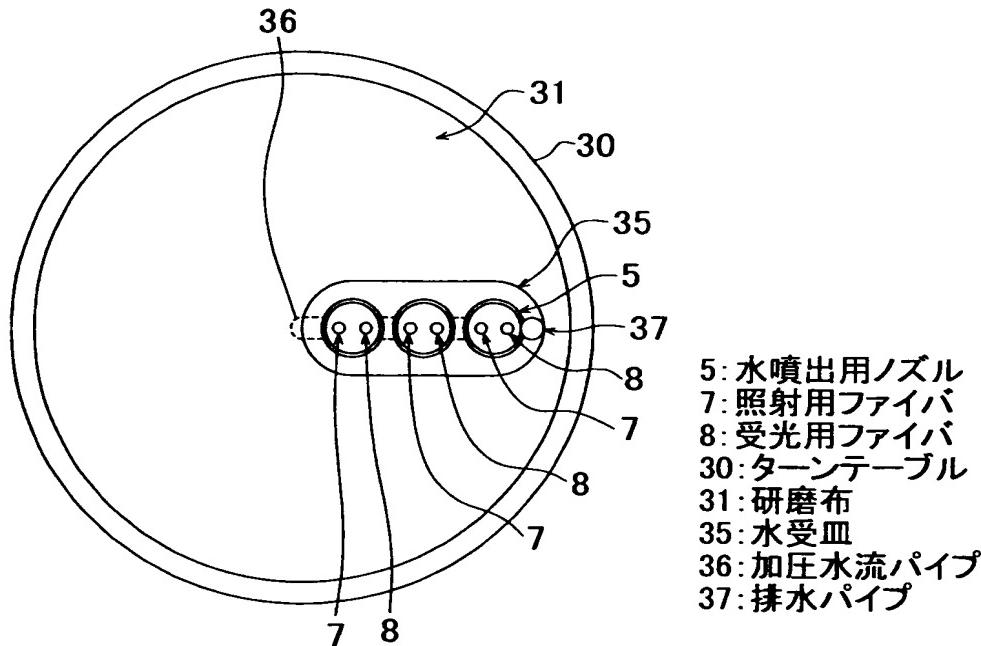
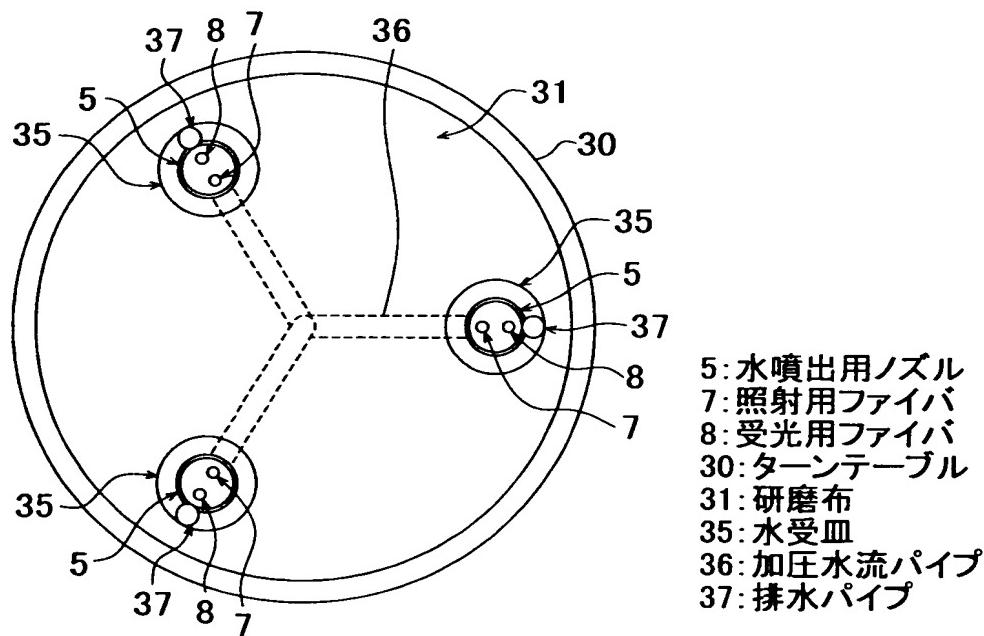


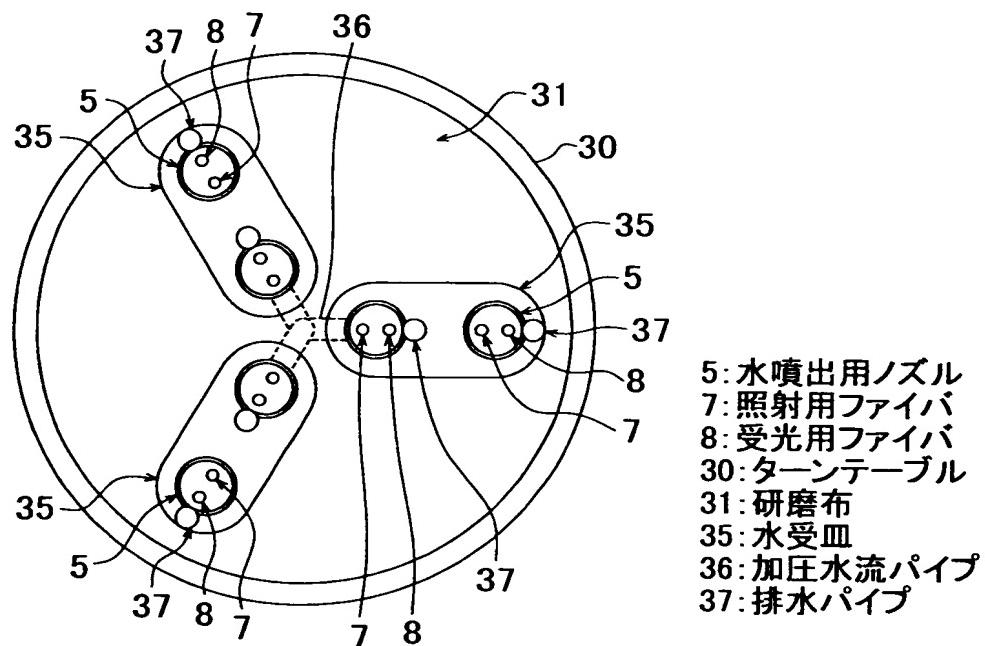
図15のY-Y矢視図

【図17】



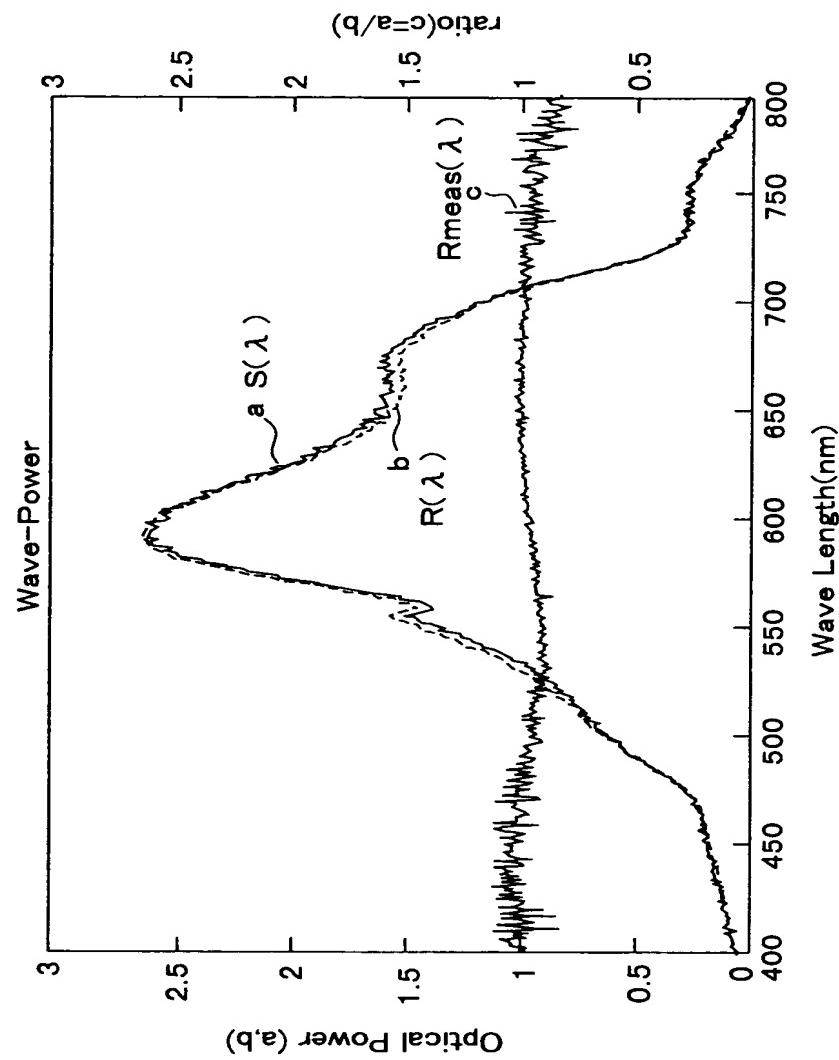
本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図18】



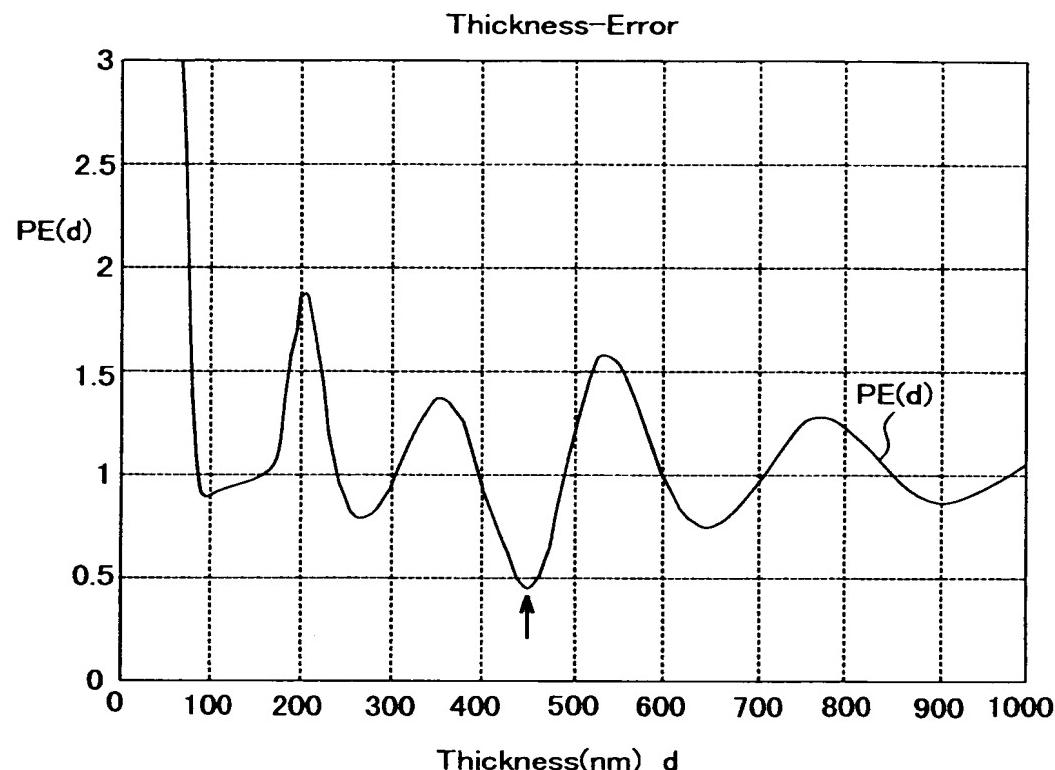
本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板研磨装置の構成例

【図19】



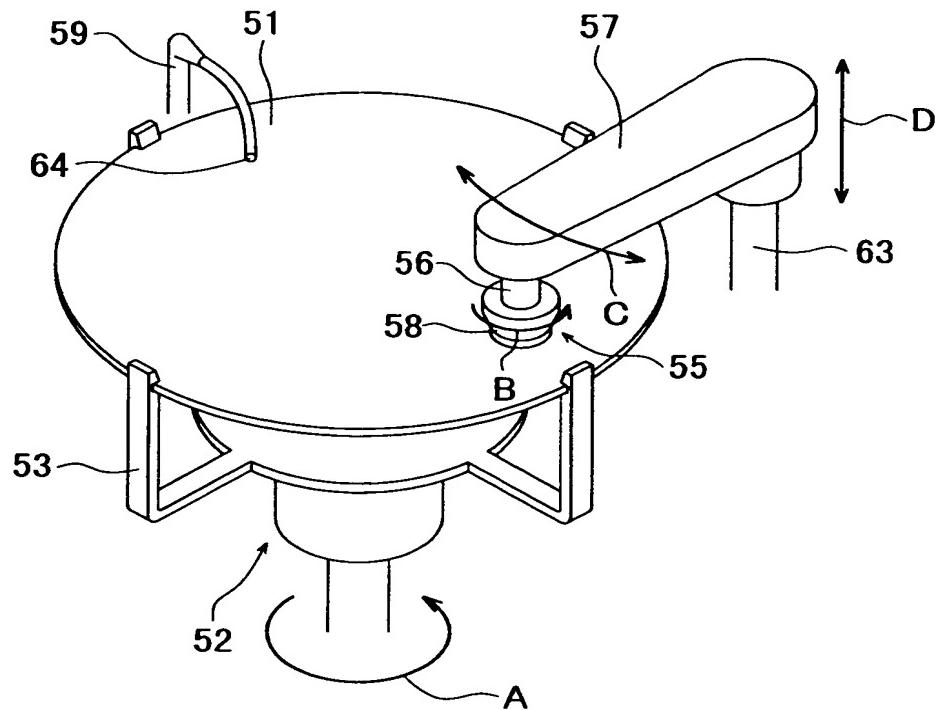
光波長に対する被測定膜がある部分とない部分の分光反射率比と被測定膜の分光反射率比

【図20】



膜厚に対する分光反射率比の理論値と実測値の評価関数

【図21】



- |            |            |
|------------|------------|
| 51: 基板     | 57: アーム    |
| 52: 基板保持機構 | 58: 洗浄部材   |
| 53: 基板保持部材 | 59: 洗浄液ノズル |
| 55: 洗浄具    | 63: 支持軸    |
| 56: 回転軸    | 64: 測定スポット |

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板洗浄装置の構成例

【図22】

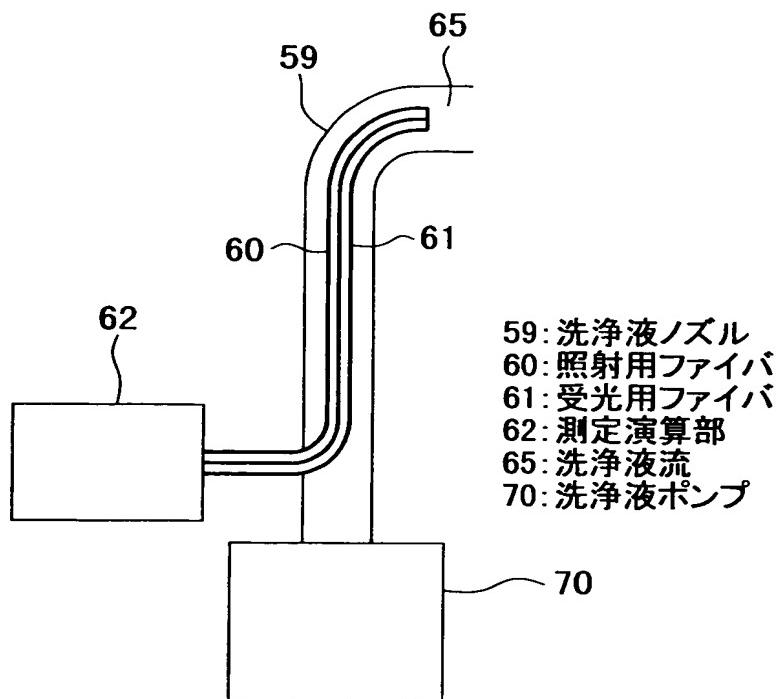
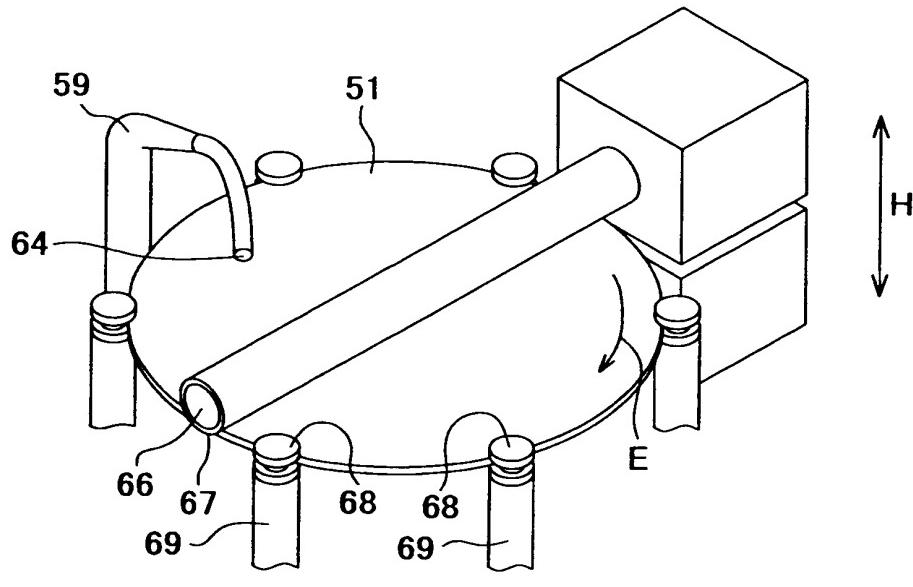


図21に示す基板洗浄装置の洗浄液ノズルの内部の構成

【図23】



51: 基板

59: 洗浄液ノズル

64: 測定スポット

66: 洗浄具

67: 洗浄部材

68: 回転コマ

69: スピンドル

本発明に係る基板膜厚測定装置を装備する基板洗浄装置の構成例

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 構成が簡単で研磨等の処理中の基板の膜厚をリアルタイムで、且つ高精度で測定できる基板膜厚測定方法、基板膜厚測定装置及び該基板膜厚測定装置を装備した基板処理装置を提供すること。

【解決手段】 基板1の被測定面2aに柱状の水流4を当接させる水噴出用ノズル5と、照射用ファイバ7及び水流4を通して基板1の被測定面2aに光を照射させると共に、該水流4及び受光用ファイバ8を通して基板1の被測定面2aで反射された反射光を受光する光学系と、該光学系で受光した反射光強度から該被測定面の膜厚を測定する測定演算部9を具備する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号 平成11年 特許願 第353693号  
受付番号 59901214661  
書類名 特許願  
担当官 第五担当上席 0094  
作成日 平成11年12月15日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成11年12月13日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [00000239]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区羽田旭町11番1号

氏 名 株式会社荏原製作所